長波長発光近接積層 InAs/GaAs 量子ドットの偏光フォトルミネッセンス特性

Polarized photoluminescence properties of closely-stacked InAs/GaAs quantum dots with long-wavelength emission

○田尻 祐介 [1]、海津 利行 [1,2] 、喜多 隆 [1]（1. 神戸大院工、2. 神戸大研究基盤セ）

°Y. Tajiri[1], T. Kaizu[1, 2], and T. Kita[1] (1. Grad. Sch. of Eng., Kobe Univ., 2. CSREA, Kobe Univ.)

E-mail: 157t243t@stu.kobe-u.ac.jp

はじめに InAs 量子ドット(QDs)を用いたレーザーダイオード(LD)や半導体光増幅デバイス(SOAs)などの光デバイスは、光情報通信の利用帯域の拡大に向けて、従来の波長帯域よりも短波長の 1.0～1.3 μm 帯での動作が求められている。我々はこれまで、近接多重積層 InAs/GaAs QDs を用いた QD-SOA を作製し、1.1～1.2 μm 帯において光モード利得の偏波無依存を実現している[1]。さらなる広帯域動作を実現するためには InAs QDs の発光波長の制御が重要であり、最近我々は GaAs キャップ層の成長温度を変化させる簡便な手法を用いて、単層 InAs QDs において 1.1～1.3 μm にわたる広帯域発光波長制御も実現している[2]。本研究では、この手法を用いて 1.3 μm の長波長発光を示す近接積層 InAs QDs を作製し、偏光フォトルミネッセンス(PL)特性を測定した。その結果、9 層積層 QDs において[001]成分と[110]成分の発光強度の異方性がほぼ解消された偏光特性が得られた。

実験 分子線エピタキシーを用いて GaAs(001)基板上に GaAs バッファ層を成長した後、基板温度 480 ℃で InAs QDs(2.0 分子層(ML))を自己形成した。その後、60 秒の成長中断を導入し、基板温度を 430 ℃に低下させた。7 nm 厚の GaAs スペーサ層を成長した後、2 層目以降の InAs 供給量を 1.4 ML に減少させた QDs と 4.0 nm 厚の GaAs スペーサ層を交互に成長し、最後に 100 nm の GaAs 層でキャップした。偏光 PL 測定は、励起光源として波長 659 nm の LD を使用し、測定温度は室温で行った。

結果と考察 図 1 に、(a)(-110)端面、(b)(001)表面から得られた単層および 9 層積層 InAs QDs の直線偏光 PL スペクトルをそれぞれ示す。9 層積層 QDs では、単層 QDs に比べてピーク波長が約 10 nm 短波長シフトしているが、1.3 μm に近い長波長発光を示している。また単層に比べて、成長方向に平行な[001]偏光成分(赤線)の発光強度が大きく増大し、[001]成分と成長方向に垂直な[110]成分(青線)の発光強度の異方性がほぼ等方的になっている。これは、積層した QDs の電子的な結合によって価電子帯の重い正孔と軽い正孔のミキシングが生じたことによるものと考えられる[3]。一方、(001)表面における[110]成分と[-110]成分(緑線)の発光強度は、面内形状異方性や圧電効果の影響の増大を反映して顕著な偏光異方性を示している。これまで報告した基板温度 480℃でキャップ(スペーサ)層を成長した積層 QDs と比べると、本研究で作製した長波長発光積層 QDs では約半分の積層数で(-110)端面における偏波無依存を達成した。これは、キャップ層埋め込み成長時の QD の縮小が抑制され、電子的に結合した QDs の高さが増大したことを反映している。したがって、低温キャップ成長は 1.2～1.3 μm 帯で動作する偏波無依存 QD-SOAs の作製に適している。

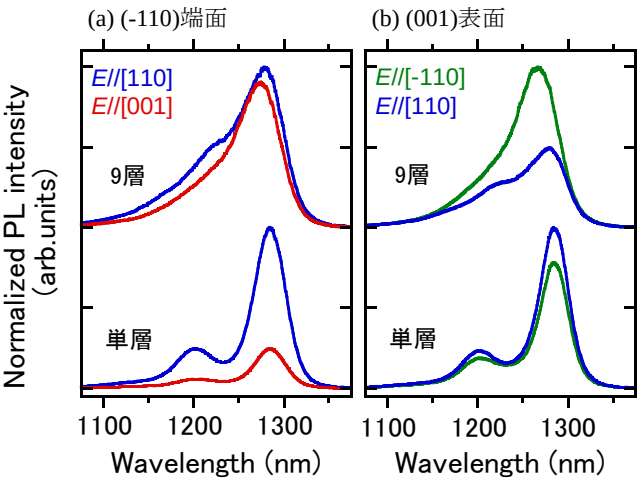

図 1. 室温おける単層および 9 層積層 InAs QDs の直線偏光スペクトル. ((a) (-110)端面, (b) (001)表面)

[1] T. Kita, et al., J. Appl. Phys. **115**, 233512 (2014).
[2] T. Kaizu, et al., J. Appl. Phys. **118**, 154301 (2015).
[3] Y. Ikeuchi, et al., Appl. Phys. Express **4**, 062001 (2011).

© 2016年 応用物理学会